

# グイマツ・カラマツ種間交配における 雑種率の変動とその原因

Studies on Hybrid Frequencies of the Interspecific Crossing  
between Dahurian Larch and Japanese Larch

倉橋 昭夫\*, 濱谷 稔夫\*\*, 佐々木忠兵衛\*, 小笠原 繁男\*

Akio KURAHASHI\*, Toshio HAMAYA\*\*, Chubei SASAKI\* and Shigeo OGASAWARA\*

## 目 次

まえがき	88	II-2-1	グイマツ人工授粉次代家 系の雑種率	97
I 自然受粉における雑種率の変動	89	II-2-2	カラマツ人工授粉次代家 系の雑種率	103
I-1 材料と方法	89	II-2-3	グイマツ及びカラマツ人 工授粉次代家系の雑種率	104
I-1-1 調査地	89	II-3 考 察		109
I-1-2 採種・調査木	90	II-3-1	花粉飛散期と雌球花の受 粉可能期間	109
I-1-3 苗の育成と雑種の判定	91	II-3-2	交雑親和性あるいは花粉 稔性	110
I-2 結果と考察	91	II-3-3	雑種採種園(林)への応用	112
I-2-1 グイマツ採種木自然受粉 次代家系の雑種率	91	摘 要		114
I-2-2 カラマツ採種木自然受粉 次代家系の雑種率	92	引用文献		115
I-2-3 雑種率と関連外的要因	94	Summary		116
II 人工授粉における雑種率の変動	95			
II-1 材料及び方法	95			
II-1-1 供試木	95			
II-1-2 人工授粉及び採種	97			
II-1-3 苗の育成と雑種の判別	97			
II-2 結 果	97			

\* 東京大学農学部北海道演習林

University Forest in Hokkaido, Faculty of Agriculture, University of Tokyo.

\*\* 東京大学農学部林学科

Department of Forestry, Faculty of Agriculture, University of Tokyo.

## ま え が き

日本におけるカラマツ類交雑育種の研究は、戦前の若干の仕事を除けば1950年代中頃から東京大学北海道演習林をはじめとする主として北海道内の育種研究機関によって本格的に実施されてきた。これら一連の研究の今日までの成果については濱谷・倉橋<sup>4)</sup>によってまとめられているが、作り出された多くの雑種の中で特にグイマツ×カラマツ (*Larix gmelinii* var. *japonica* × *L. kaempferi*) の F<sub>1</sub> 雑種が北海道にとって最も優れた造林特性を示すものとして評価されている。この成果を踏まえて、北海道内各研究機関では早くからこの雑種の生産のための雑種採種園 (林) の造成が行われてきた。

ところで東京大学北海道演習林では、この研究に着手して間もない1952年にチョウセンカラマツ (*L. gmelinii* var. *olgensis*) の、そして1956年にグイマツの植栽木がカラマツからの自然送粉を受けて非常に高い率で雑種次代を産することを見出した<sup>23)</sup>。その後も類似の現象は道内各地のグイマツ植栽地から報告されたが<sup>24)</sup>、特に厚岸・国泰寺においては、グイマツとカラマツそれぞれの植栽木から雑種次代を産することが観察された<sup>11)</sup>。

従って北海道内におけるカラマツ類雑種採種園の設計は、これらの調査・研究や西ヨーロッパ諸国<sup>16)</sup>におけるヨーロッパカラマツ (*L. decidua*) とカラマツとの雑種採種園に関する先駆的な仕事を参考にして、1960年前半からカラマツ類樹種の混植による形式がとられてきた。これらの採種園のうちとくに種子生産量の多い北見林務署訓子府採種園 (1963年設定, 11.5ha) の例をとると、12年目頃から着果が認められ、1982年までに100kgの精選種子が生産されて、その中グイマツ採種木から得られる家系中の雑種苗の比率 (以下、雑種率という) は約60%であるという<sup>7)</sup>。

しかし、これら各報告及び筆者らの観察における雑種率は傾向として高いというのみで必ずしも一定ではなく、年度、場所、樹種等によってその値に著しい変動を示す。このような現象は雑種採種園の信頼性に対しても重大な影響を与えるもので、自然受粉における雑種率変動の機構の解明は、雑種採種園 (林) 設計上の基礎的な課題として極めて重要である。

東京大学北海道演習林においては、早くからこの問題を主要研究課題として取り上げ、1960年代前半から人為及び自然交配による試験を繰返しており、その成果の一部はすでにくつかの報告として発表された<sup>5,12,21,24)</sup>。

本報では、その中特に雑種率変動の原因に焦点をおいて行った一連の実験結果を中心に報告し、併せて雑種採種園に対する応用について若干の考察を加える。成果の多くは、1964年から1974年に至る11年間に行った研究・実験によって得られたものである。

本研究の推進に当り、元北海道演習林長高橋延清教授 (現名誉教授) には種々御指導と御へ





図一 2 [4507] の外観

Fig. 2 A photograph showing a part of the stand [4507] (Photo. on June. 8, 1976)

南西及び北東方向に70~150mほど離れて1917年植栽のカラマツ林があり、さらにこの辺りの民有林を含む低山域にはいたるところにカラマツが植栽されていた。

それ故、1956年にこのグイマツ植栽木から自然受粉種子を採取したところ次代苗の中に約70%という非常に高い率でカラマツとの雑種の含まれることが知られた<sup>22)</sup>。そこで更に雑種率を高めて雑種採種林に転換する目的で、1966年秋に13年生のカラマツ造林木44本がグイマツの列間に移植された。

#### I-1-2 採種・調査木

表一1に1970年8月当時の採種木の生育状況を示した。

1966年に着果の認められたグイマツの5個体を調査木に選び、翌年から毎年できる限り継続して調査を行った。1971, '72両年にはこれらを含む8本の個体から球果が採取された。このようにグイマツ採種木に連年着花が認められたのは、強度の環状剥皮あるいは根切による着花促進処理が施されていたためである。

カラマツ調査木には1969年に着果した11本を選び、翌年更に6本を追加して、資料球果を採取した。移植後3, 4年目のこれらの木には、根切効果が現れて、1970年には雄花量の割には大量の雌球花が着いた(このことが同年にカラマツから高い比率で雑種が得られた理由と思われる)。

表一2に、[4507]におけるグイマツ36本及びカラマツ34本の数年間の着花状況を示した。

表一 〔4507〕における自然受粉採種木の大きさ (平均)

Table 1 Size of seed-collecting trees in [4507] (average)

(1970年8月)

項	目	Items	Gk	L
樹	高 (m)	T.H.	8.2	8.3
胸	高 直 径 (cm)	D.B.H.	19.6	12.8
枝	下 高 (m)	Clear trunk height	1.5	1.8
樹	冠 幅 (m)	Crown diameter	6.6	4.3
樹	齢	Age	43	27
植	栽 本 数	No. of planted trees	36	34

表二 〔4507〕における植栽木の各年の着花状況

Table 2 Flower setting of the trees planted in [4507] in each year

年 Year	Gk		L	
	♂	♀	♂	♀
1969	2.7 (1-5)	1.9 (0-5)	1.0 (0-2)	1.0 (0-3)
1970	3.3 (1-6)	0.8 (0-3)	1.7 (0-4)	2.3 (0-6)
1971	2.2 (0-5)	0.9 (0-4)	1.2 (0-4)	0.5 (0-2)
1972	4.2 (1-6)	2.4 (0-6)	0.8 (0-4)	0.2 (0-4)

注. 数値は着花値:平均 (最小-最大)。

N.B. Numerical figures represent the degree of flower-setting. Average (Min. -Max.)

なお、グイマツ36本には、1955年から1982年までの28年間に6回並作以上の作柄を示した年があった。一方、同林分に移植されたカラマツでも1966年からの16年間に同じく6回が記録されている。従って、並作以上の着果の平均間隔は、グイマツの4.7年に対してカラマツは2.7年で、その差は著しい。

### I-1-3 苗の育成と雑種の判定

調査木ごとに平均的な形状の球果30~100個を採取した。これらから得られた種子を気乾状態で保存し、播種前約50日間雪中に埋蔵してから、1家系当り3~10gを演習林内の山部苗畑で播種した。1年生苗の床替に当っては努めて選苗を避けた。

雑種の判別は、各家系当り100本以上の苗を対象に、主として2年生時の秋に、苗高、側枝の形成状態および樹皮の特徴などを総合的に判定して行った<sup>24)</sup>。

## I-2 結果と考察

### I-2-1 グイマツ採種木自然受粉次代家系の雑種率

表一3にグイマツ採種木から得られた自然受粉家系の種子発芽率および苗の雑種率を示した。種子発芽率の年別の平均値には最小17.0%から最大40.2%までの差があり、全体の平均は

表—3 [4507] におけるグイマツ植栽木から得られた自然受粉次代家系の種子発芽率と雑種率

Table 3 Ratios of germination and hybrid seedlings of open-pollinated progenies of Kurile larch seed trees planted in [4507]

供試木番号* Tree No.*	Year				
	1966	1969	1970	1971	1972
種子発芽率 Germination ratio of seeds (%)					
V— 84	17.9	—	—	12.8	18.9
V— 85	—	20.3	—	16.5	20.6
V— 87	—	—	41.9	17.9	16.5
V— 90	25.0	23.7	33.4	14.0	25.6
V—463	15.2	14.4	29.6	12.4	8.8
V—467	20.8	18.9	53.0	28.1	20.4
V—468	—	8.8	36.2	24.4	9.3
V—470	—	29.8	47.1	39.9	15.6
平均 Mean	19.7	19.3	40.2	20.8	17.0
雑種率 Ratio of hybrid seedlings (%)					
V— 84	28.8	—	—	68.8	10.5
V— 85	—	14.4	—	69.6	10.6
V— 87	—	—	13.7	54.9	8.4
V— 90	24.9	27.0	19.1	56.5	2.9
V—463	68.7	73.6	59.0	83.0	36.4
V—467	53.6	75.7	81.3	90.0	46.4
V—468	—	76.2	87.0	90.1	44.7
V—470	—	33.3	32.7	84.8	10.1
平均 Mean	44.0	50.0	48.8	74.7	21.3

注. \*: V—番号は当演習林における個体用永久登録番号。

N.B. \*: V—Nos. mean permanent registered numbers for individuals.

23.4%であった。連続して採種した1971, '72両年の調査木ごとの発芽率の変動をみると, 1971年には12.4~39.9%, '72年には8.8~25.6%の開きがあり, この両年の年次間の相関は-0.126という低い値を示した。

雑種率は全調査木の年別平均では最小1972年の21.3%から最大1971年の74.7%までの変動を示し, 全年の平均は47.8%であった。調査木8本全ての雑種率が調べられた1971, '72両年の相関を求めたが発芽率と同じく0.121という低い値であった。ただその中で, 5年間継続して着果を記録したV—90, V—463及びV—467の3調査木について, 毎年の雑種率を比較すると, いずれの年もV—90が最小値を, そしてV—467が最大値(1966年を除く)を示している。

#### I—2—2 カラマツ採種木自然受粉次代家系の雑種率

表—4に, 1969, '70両年度にカラマツ採種木から得られた自然受粉家系の種子発芽率および苗の雑種率を示した。

種子発芽率の平均は, 30.8%と31.1%で両年の間にあまり開きがない。両年も発芽率の調

表一4 [4507]におけるカラマツ植栽木から得られた自然受粉次代家系の種子発芽率と雑種率

Table 4 Ratios of germination and hybrid seedlings of open-pollinated progenies of Japanese larch seed trees planted in [4507]

供試木番号* Tree No.*	種子発芽率 (%) Germination ratio		雑種率 (%) Ratio of hybrid seedlings	
	1969	1970	1969	1970
	11	—	35.2	—
12	32.2	20.0	34.5	67.6
13	40.8	26.6	15.5	61.8
14	31.1	42.8	13.1	28.0
15	22.6	33.8	3.6	29.4
16	31.9	23.9	1.2	3.8
17	24.0	26.6	18.7	42.7
18	28.2	46.9	21.6	55.1
21	—	41.4	—	32.6
22	—	28.0	—	51.6
23	—	25.7	—	14.7
24	—	27.1	—	10.9
27	30.6	46.9	0	2.0
28	39.8	28.1	39.4	55.9
31	—	18.1	—	26.0
32	24.5	13.8	43.6	25.9
34	33.2	43.8	12.1	26.7
平均 Mean	30.8	31.1	18.5	36.0

注. \*: 図一1参照。

N.B. \*: cf. Fig. 1.

べられた11本の間では相関は0.171と低い。

雑種率は、年平均では1969年の18.5%に対して1970年は36.0%でほぼ倍の値を示し、両年も続けて着花した調査木11本はNo32を除いていずれも'70年の方が多かった。これら11本の両年間の雑種率相関は0.349で、グイマツ採種木よりは高い値である。

なお、図一1に示したように調査木はNo11~16, No17~27, そしてNo28~34の各組が平行に配植されているが、表一4に示されるようにいずれの列も調査木番号の小さい方から大きい方、すなわちほぼ北東から南西への順に雑種率の減少する傾向が認められた。

一般にカラマツの花粉飛散量は、常風の風上側において少なく、風下側において多くなることが観察されている<sup>26)</sup>。この採種林でも、4月下旬から5月上旬にかけてのカラマツ類花粉飛散期に、南側下方の川沿から強い風が吹上げている。従って、グイマツ植栽木から飛散する花粉は大半が風下の北側へ流れるものと思われる。しかも、北側に約25年生のストロブマツ植栽林分が隣接するため、恐らくそこで流出が阻止されて密度が高くなり、それだけカラマツとの交配の機会も多くなって、雑種率が高まったものと推定される。

表一五 1月から5月までの月平均気温と積算温度(°C)

Table 5 Monthly mean temperatures and integrated daily temperatures during the period January to May (°C)

Month	Year				
	1966	1969	1970	1971	1972
平均気温 Mean monthly temperatures					
Jan.	- 9.0	-10.1	-11.8	- 9.9	- 8.0
Feb.	- 7.2	- 8.3	- 6.8	- 9.2	- 9.5
Mar.	- 1.0	- 4.1	- 6.0	- 2.8	- 2.3
Apr.	4.1	5.0	4.8	5.9	6.2
May*	10.3	13.8	16.0	4.5	12.7
積算温度 Integrated daily temperatures					
Jan.	0	0	0	0	6.8
Feb.	2.8	4.1	2.8	0	8.7
Mar.	31.1	28.3	7.8	24.2	64.7
Apr.	160.5	196.4	150.3	201.4	249.5
May*	263.9	333.5	310.0	246.3	345.2

注. \*: 5月上旬の値。

N.B. \*: Value for the first decade of May.

## I-2-3 雑種率と関連外的要因

上述のような、雑種率の年ごとの変動を左右する外的要因としては、両種の雄花量と気象条件の二つが考えられる。

雄花量の豊凶については、着花値<sup>3)</sup>(供試木各個体を肉眼でみて雄花が濃密に群がりついている状態を10、皆無を0とする11階級の表示法による)によって表-2に示した通りである。各年のグイマツを採種親とする雑種率とカラマツの雄花着花値とを対比すると、雑種率平均が最低の21.3%であった1972年にはカラマツの雄花着花値も0.8で1969~'72の4年間では最低であった。因みにこの年のカラマツ調査木には34本のうち雄花を全く着けなかった個体が18本もあった。

一方、1969、'70両年のカラマツを採種親とする雑種率とグイマツの雄花着花値を対比すると、やはり着花値の高い1970年の方が雑種率も高い。

要するに、雄花着花量の少ない年には交配相手から得られる次代の雑種率も低いという当然の傾向が認められる。

ところで、グイマツとカラマツの花粉飛散期は、冬の終りから4月下旬にかけての気温の高い年に僅かながら互いに接近し、低い年に離れることが知られている<sup>13,22)</sup>。そこで、雑種率と気温との関係を検討するために、各年の1月1日より4月下旬に至る期間の0°Cを上回る日気温の積算温度を求め、月平均気温と併せて表-5に示した。例年、グイマツは積算温度が180°C



に、またカラマツはほぼ200°Cに達すると、それぞれ花粉を飛散しはじめる<sup>13)</sup>。ただ、上述のように雑種率は花粉親の雄花着花量に左右されるので、同じ程度の着花量を示す年の間で比較をする必要がある。そこでカラマツの雄花着花値がいくらか少なめな点(0.8~1.7)で似ている1969~1972の4箇年について比較してみると、グイマツ自然受粉次代家系の雑種率は、比較的気温変動の似ている1969、'70両年の間にほとんど変りがない。しかし、4月は比較的高温であったが5月の気温の著しく低かった1971年に最高の雑種率を示したのに、4月、5月ともに気温が比較的高かった1972年には最低の値を示した(上述の通り1972年のカラマツの雄花量は格段に少なかった)。従って、春の気温の高低による両種の開花期の接近と雑種率との間にあまり明瞭な関係が見出されない。つまり、自然受粉家系の雑種率は、花粉親の雄花量と密接に関係するが、春の開花期の気温とはそれほど明瞭な関係がないと考えられる。

雑種採種林〔4507〕から1969、'70両年に得られた自然受粉次代家系は、グイマツ採種木からのものは平均49.4%、そしてカラマツ採種木からのものは平均27.3%の雑種率を示し、両者の間に大きな開きがあった。しかし、種子発芽率ではグイマツ家系29.8%に対してカラマツ家系31.0%と、グイマツ家系の方がごく僅かに少なかった。

## II 人工授粉における雑種率の変動

前章において、雑種採種林〔4507〕から得られた自然受粉家系のうちグイマツ採種木からのものが、カラマツのものに比べて同年でもしばしば著しく高率の天然雑種を生成することが明らかにされた。何故このような違いを生ずるのか、その原因や機構そしてそれに関連する事象を明らかにすることは、雑種採種園・林の設計造成に必要な情報を確保する上で不可欠なことであろう。しかし、これらは自然受粉結果の観察のみでは説明しえないことである。そこでこれらと平行して人工授粉による各種の交配実験を実施した。

交配実験は1964年から'69年までの6年間に計4回実験—I~IVとして行われた。各年の着花状況に応じてグイマツとカラマツの供試木の間には3通りの基本的方法、すなわち①種内、種間の単独1回授粉、②両種の等量混合授粉(equal-mixed pollination) 正副2回の反復、及び③両種の間には一定日数の差をつける二重授粉(double pollination)のいずれかが実施され、自然受粉の場合とほぼ同様に得られた種子の発芽率と苗の雑種率が調査された。

### II-1 材料及び方法

#### II-1-1 供試木

表-6に、人工授粉実験に採種木及び花粉親として用いた植栽木の大きさを示した。

L<sub>5</sub>とL<sub>3</sub>は、それぞれ樹木園〔1001〕及び育種樹木園〔1003〕に隣接するカラマツ植栽林のも

表—6 人工授粉供試木(1964~1970年測定)

Table 6 Trees used for artificial pollination (measured in 1964~1970)

樹種 Species	供試木番号* Tree No.*	樹高(m) T.H.	胸高直径 (cm) D.B.H.	枝下高(m) Clear trunk height	クローネ幅 (m) Crown diam.	試験地番号 No. of exp. field
Gk	V-84	9.9	23.5	1.6	8.6	[4507]
Gk	V-90	8.2	17.7	1.7	5.0	[4507]
Gs	V-298	13.7	23.0	1.3	7.4	[4508]
Gs	V-300	14.8	23.5	1.8	6.5	[4508]
Gs	G <sub>1</sub>	11.8	20.4	1.9	6.4	[4521]
Gs	G <sub>2</sub>	12.0	21.5	1.5	7.7	[4521]
Gs	G <sub>3</sub>	11.2	17.8	1.7	7.1	[4521]
Gs	G <sub>4</sub>	10.5	20.3	1.6	6.9	[4521]
L	V-58	29.6	48.5	12.8	4.8	[4501]
L	V-307	30.0	57.0	10.0	9.5	[4501]
L	L <sub>1</sub>	28.6	44.0	8.6	9.6	[4526]
L	L <sub>2</sub>	26.8	43.2	9.1	9.7	[4526]
L	L <sub>3</sub>	16.1	28.3	4.2	8.3	[1003]
L	L <sub>5</sub>	8.9	23.0	1.0	9.5	[1001]

注. \*: V-番号は当演習林における個体用永久登録番号。

G<sub>1~4</sub>とL<sub>1~5</sub>は一時的に供試される個体に与えられた記号。

N.B. \*: V-Nos. mean permanent registered numbers for individuals.

G<sub>1~4</sub> and L<sub>1~5</sub> mean temporary numbers for examined trees.

表—7 花粉採取木の切枝水耕開始と花粉採取の時期

Table 7 Date of the beginning of water culture and collecting of pollen in each experiment

実験番号* No. of exp.	樹種 Species	供試木番号 Tree No.	月 日 Date	
			水耕開始 Beginning of water culture	花粉採取 Collecting of pollen
I	Gk	V-84	Apr. 23	Apr. 26
I	L	V-58	Apr. 16	Apr. 23
II	Gk	V-84	Apr. 26	Apr. 29
II	Gs	V-298	Apr. 28	May 1
II	L	V-58	Apr. 26	May 3
III	Gk	V-90	Apr. 18	Apr. 22
III	L	V-307	Apr. 16	Apr. 19
IV	Gs	G <sub>1</sub>	Apr. 26	Apr. 28
IV	Gs	G <sub>2</sub>	Apr. 27	Apr. 28
IV	L	L <sub>1</sub>	Apr. 27	May 1
IV	L	L <sub>2</sub>	Apr. 27	May 1

注. \*: 実施年と使用混合花粉量(カッコ内)を下に示す:

N.B. \*: Years of experiments and amounts of mixed pollen used (in parentheses) are as follows:

I : 1964 (10g) II : 1966 (7g) III : 1968 (3g) IV : 1969 (5g)

のである。自然受粉雑種率検定の結果と比較できるようにするため、[4507]の供試木には前章の供試木5本のうちからV-84とV-90が選り用いられた。

### II-1-2 人工授粉及び採種

受粉組合せと処理の内容は実験ごとに様々なので、その都度説明することとし、ここでは全実験に共通する花粉採取、袋掛け及び球果採取などの作業ごとの時期、数量などについて述べる。

いずれの年も当年採取の新鮮な花粉を実験に供するため、自然花粉飛散期の1~2週間前に花粉採取木から雄花の着いた枝を切取って集め、温室内水耕によって開花を促進させた。こうして集めた花粉を実験期間中は冷蔵庫内(0℃)に保存した。混合花粉は所定の授粉日にグイマツ、カラマツ両種の花粉を重量比で等量ずつ混ぜてつくられた。1回の隔離交配袋当りの花粉使用量は約0.15gで、これは袋内が一様に黄色く見える程度の量である。雌球花の隔離袋掛けにはパーチセロファン交配袋が用いられた。

表-7に、各実験花粉採取木の切枝水耕開始と花粉採取の時期を示し、また表-8に各実験における採種木ごとの雌球花隔離袋掛け、除袋及び球果採取の時期、交配袋数及び収穫球果数を示した。

### II-1-3 苗の育成と雑種の判別

得られた球果からすべての種子を取出し、実験-I, IIでは全量を苗畑に、また実験-III, IVでは苗畑と温室にまき、種子発芽率と苗の雑種率を調べた。実験-IIIとIVでは1交配組合せ当りそれぞれ500粒と400粒を温室に、そして残りを苗畑にまいた。

各供試木の交配組合せ当りの平均(最小~最大)苗畑播種量(g)と1000粒当り平均重量は表-8に示す通りであった。

苗畑播種用種子はその前の50日間雪中に埋蔵され、温室播種のものも10日間冷水で処理された。

雑種苗の判別は、自然受粉次代苗の場合と同じ要領で行ったが、実験-IVでは主として1年生苗の冬芽形成期の差によった。

## II-2 結 果

### II-2-1 グイマツ人工授粉次代家系の雑種率

[実験-I] (1964年)

上述のように道央・山部におけるグイマツとカラマツの開花期は4月下旬ないし5月上旬であり、冬の終りから春にかけての気温の高い年には両種相接近し、低い年には離れる傾向がみられる。そしてその結果、花粉飛散期はほとんど同時かグイマツの方が3、4日早い<sup>13,22)</sup>。

実験-Iは、グイマツとカラマツの花粉飛散期が重なった場合とカラマツのそれが遅れた場

表一八 各実験における供試木と隔離・採果・播種に関する諸記録

Table 8 Records of isolation, cone-collecting and sowing in each experiment

実験番号 Exp. No.	樹種 Species	供試木番号 Tree No.	月日 Date			袋数 No. of bags	球果数 No. of cones	苗畑播種量(g) Seed quantity 平均(最小~最大) Aver. (Min.~Max.)	種子1000粒重平均 Mean weight of 1000 seed grains (g)
			袋掛け Isolation	除袋 Removal of bags	球果採取 Collecting of cones				
I	Gk	V-90	Apr. 21	May 14	Aug. 27	69	95	1.31 (0.90~2.16)	2.60
I	Gs	V-298	Apr. 20	May 14	Aug. 27	147	222	2.01 (1.19~2.88)	2.17
I	Gs	V-300	Apr. 20	May 14	Aug. 27	113	145	1.40 (0.68~3.02)	2.56
II	Gk	V-90	Apr. 27	May 13	Aug. 26	161	327	6.16 (4.10~8.90)	2.93
II	Gs	V-300	Apr. 28	May 13	Aug. 26	176	588	7.09 (4.80~13.12)	2.89
III	L	L <sub>4</sub>	Apr. 18	May 20	Sep. 17	75	315	3.50 (0.50~7.10)	4.66
IV	Gs	G <sub>3</sub>	Apr. 25	May 15	Aug. 27	241	1,052	1.93 (0.21~6.27)	2.76
IV	Gs	G <sub>4</sub>	Apr. 25	May 15	Aug. 27	209	779	0.91 (0.04~2.45)	2.92
IV	L	L <sub>3</sub>	Apr. 29	May 17	Sep. 16	167	671	5.57 (1.20~10.24)	3.76

合の雑種率がどのように変化するかを調べるために行った。受粉採種木としては千島系グイマツではV-90、樺太系グイマツではV-298とV-300が、また花粉親としては千島系グイマツではV-84、カラマツではV-58が用いられた。

グイマツ各供試木に対して、表一九に示されるように種内、種間及び混合花粉(G+L)の3通りのほか、1日(翌日)、2日、3日目の二重授粉(G→L)の、計6通りの授粉が行われた。前三者に対しては2日後に補充のため同種の授粉が行われた。V-90とV-300については、さらに自然受粉の種子も採られた。

一般に、交配袋内の雌球花は自然条件下よりも早く発育するので、従来同じ個体の自然の花粉飛散期の始まりの時期を以て袋内人工授粉適期の初期を示す指標の一つとしてきた。そこでそれに合せて第1回の授粉日を定めた。(カラマツ受粉適期に関するその後の研究によって更に、その時期の授粉が最も高い種子発芽率を与えることが示されている<sup>17)</sup>)しかし、本実験では都合によって授粉日を揃えたため、表一九に示す通り花粉飛散開始期の異なる3本の採種木のうちV-298は5日そしてV-300は1日最適期より遅れることになった。

表一十に、交配組合せ家系ごとの種子発芽率、雑種率及び2年生苗の調査数を示した。

各採種木とV-84及びV-58との組合せを対照区とみなして、それらの種子発芽率を比較すると、3採種木ともに種内の交配家系の方が種間交配家系よりも高く、ほぼ自然受粉に等しい発芽率を示している。

これに対して、混合授粉次代家系の発芽率は、V-90がグイマツV-84なみ、そして他の2本がカラマツV-58なみの値を示した。また、二重授粉の場合は、採種木及び授粉間隔日数によって若干の変動があり、一定の傾向は認められなかった。

表-9 [実験-I]における授粉日組合せ

Table 9 Date of the first and the supplementary or delayed pollination in the Experiment I

授粉日 Date of pollination	Apr. 30	May 1	2	3
	Gk		Gk*	
	L		L*	
花粉木 Pollen tree	(Gk+L)		(Gk+L)**	
	Gk	→L		
	Gk		→L	
	Gk			→L

注. 1) 花粉飛散開始日

N.B. Date of the beginning of pollen dispersal

♀-Gk V-90 : Apr. 30, 1964

♀-Gs V-298 : Apr. 25, 1964

♀-Gs V-300 : Apr. 29, 1964

♂-Gk V-84 : Apr. 30, 1964

♂-L V-58 : May 5, 1964

2) \* : 同種補助授粉 Supplementary pollination of the same pollen.

\*\* : 混合花粉授粉 Supplementary pollination of the same mixed pollen.

→ : 異種遅延授粉 Delayed pollination of the different pollen.

表-10 グイマツ人工授粉 [実験-I]における種子発芽率と雑種率

Table 10 Ratios of germination and hybrid seedlings in the Experiment I

採種木 Seed tree	花粉親 Pollen tree						Open
	V-84	V-58	Mixed V-84+ V-58	Double 1日目 May 1	(V-84 → V-58) 2日目 May 3	3日目 May 3	
種子発芽率 Germination ratio of seeds (%)							
V-90	25.2	11.4	29.1	20.7	15.7	17.2	24.3
V-298	4.6	2.7	2.0	7.3	2.1	1.9	—
V-300	24.5	9.0	10.5	19.8	33.2	24.2	25.9
雑種率 Ratio of hybrid seedlings (%)							
V-90	0	100	62.6	35.4	36.7	35.6	53.6
V-298	0	100	54.5	25.0	20.0	11.0	—
V-300	0	100	8.6	5.9	9.1	1.6	1.3

注. 家系当り2年生苗調査本数: 平均(最小-最大)

N.B. No. of two-year-old seedlings examined per family : Average (Min. -Max.)

V-90 : 81(41-149)

V-298 : 24(20-32)

V-300 : 95(23-175)

以上、同じ種類の組合せ授粉を行っても、採種木によって著しい差が現われ、とくにV-298の交配家系はいずれの組合せにおいても極めて低い発芽率を示した。

次に交配家系の雑種率をみると、混合授粉の場合ではV-90とV-298がいずれも約60%を示したが、V-300は僅か8.6%という低い値であった。一方、二重授粉の場合を翌日、2日目、3日目の順に比較すると、V-90の次代家系は35%余りにそろっているが、V-298の家系は25.0%から11.0%に減じ、V-300のものは混合授粉の場合も含めてすべて10%以下であって、採種木によって顕著な違いを示している。またV-90、V-298ともに翌日の二重授粉の値が混合授粉のその約半分である。

自然受粉による雑種率では、V-90は混合授粉の場合に近い53.6%という値を示したが、V-300は近くにカラマツ成木がないため僅か1.3%であった。

以上の諸結果から雑種率変動に関する明白な法則性を見出すことは必ずしも容易ではないが、一つははっきりしていることは、V-90とV-300がいずれも種内交配と自然受粉の間でほとんど同じ発芽率を示していることである。つまり、両採種木に対する授粉がほぼ適期に行われたと認めてよいであろう。その上で、これら両採種木のカラマツV-58(花粉)に対する親和性の差が、それらの次代家系における雑種率の著しい差として現われたものと思われる。そしてV-90は、混合授粉は言うに及ばず自然受粉でも次代家系苗の半ば以上が雑種となるなどカラマツとの親和性が高いと考えられる。しかし、それでもなお、グイマツ授粉後1日又はそれ以上の遅れはV-58花粉にとって重大なハンディキャップとなることを示している。

一方、V-298はどの交配においても最大7%程度の低い発芽率しか示さない。この年のグイマツ他個体及びカラマツの花粉の活力では、V-298の受粉・受精を充足させ得ない何らかの状態がその雌性器官に存在したものと思われる。日数の遅れに伴う雑種率の顕著な減衰状態から考えると、交配適期の始まりから5日以上遅れていたことが、その最大の原因であろう(雌球花が少なく自然受粉の種子を採取していないので断定は控えたいが)。

逆に、V-90、V-300の各次代の発芽率から推定する限り、それらの受粉可能期間は少なくとも3日以上は持続するものと認められる。

#### 〔実験-II〕(1966年)

実験-IIは基本的には実験-Iと同じ内容であるが、グイマツ個体の受粉可能期間が3日間以上続くらしいという実験-Iの結果をふまえて、カラマツとの二重授粉日を更に3日間遅らせた実験区を設け、また稔性の悪いV-298(G<sub>s</sub>)を採種木から除外した。但しV-298は、同じ系統内のV-300に対する花粉親としては使用した。

表-11に実験-IIの受粉組合せと得られた結果を示した。この実験では、両採種木の花粉飛散始めがいずれも5月1日であったので、それに合せて第1回の授粉が行われた。

採種木V-90には、同じ花粉親(V-84とV-58)が組合されたのであるが、得られた結果

表-11 グイマツ人工授粉〔実験-II〕における種子発芽率と雑種率

Table 11 Ratios of germination and hybrid seedlings in the Experiment II

採種木 Seed tree	授粉日 Dates of pollination			種子発芽率(%) Germination ratio of seeds	雑種率(%) Ratio of hybrid seedlings
	May				
	1	4	7		
Gk V-90	Gk	Gk*		14.2	0
	L	L*		49.6	100
	(Gk+L)	(Gk+L)**		19.8	100
	Gk	→L		33.7	100
	Gk		→L	4.9	96.2
	Open			25.0	24.9
Gs V-300	Gs	Gs*		31.5	0
	L	L*		29.2	100
	(Gs+L)	(Gs+L)**		18.8	42.6
	Gs	→L		33.2	14.7
	Gs		→L	22.7	6.2
	Open			22.0	—

注. 1) 花粉飛散開始日

N.B. Date of the beginning of pollen dispersal

♀-Gk V-90: May 1, 1966

♀-Gs V-300: May 1, 1966

♂-Gk V-84: May 1, 1966

♂-Gs V-298: Apr. 30, 1966

♂-L V-58: May 5, 1966

2) 家系当たり2年生苗調査本数: 平均(最小-最大)

No. of two-year-old seedlings examined per family: Average (Min. - Max.)

V-90: 313 (105-683)

V-300: 485 (202-801)

3) \*,\*\*, →: 表-9と同じ。Same with those in Table 9.

は実験-Iの場合とは全く異なるものであった。すなわち、対照区となる組合せではV-84との種内組合せよりもV-58との種間組合せの方が高い発芽率を示した。これは明らかにV-84とV-58の花粉の稔性の違いに基く結果であると考えられる。混合授粉家系の発芽率が19.8%を示し、二重授粉系列では3日目のものが33.7%を示すのに対し、6日目のものが4.9%と減少することも同じ理由によるものと考えられる。

一方、V-300への各交配には、実験-I及びV-90の場合とは異なる花粉親(V-298)が用いられているが、全般に実験-Iの対応する各組合せよりは高い発芽率を示し、しかも各交配組合せ間にあまり差がない。

次に雑種率についてみると、V-90の場合では混合授粉及び3日目二重授粉ともに100%となり、6日目二重授粉において僅かに4%の種内交配苗を生じたにすぎない。この事実もV-84

表-12 カラマツ人工授粉〔実験-III〕における種子発芽率と雑種率

Table 12 Ratio of germination and hybrid seedlings in the Experiment III

授 粉 日 Dates of pollination					圃場発芽率(%) Germination ratio in the nursery	雑種率(%) Ratio of hybrid seedlings
Apr. 24	25	26	27	29	May 1	
L		L*				(37.8) 31.1 ( 0 ) 0
Gk		Gk*				( 7.1) 6.1 (100 ) 100
(L+Gk)		(L+Gk)**				(27.3) 24.0 ( 4.5) 6.3
Gk	→L					21.5 6.9
Gk			→L			11.9 17.1
Gk				→L		12.6 65.1
Gk					→L	5.3 100
L	→Gk					22.1 2.7
L			→Gk			32.9 1.8
L				→Gk		33.5 0
L					→Gk	30.5 0

注. 1) 花粉飛散開始日

N.B. Date of beginning of pollen dispersal

♀-L L<sub>5</sub> : Apr. 24, 1968

♂-Gk V-90 : \_\_\_\_\_

♂-L V-307 : Apr. 27, 1968

2) 家系当り2年生苗調査本数: 平均(最小-最大)

No. of two-year-old seedlings examined per family : Average (Min. -Max.)

L<sub>5</sub> : 103 (13-196)

3) \*, \*\*, →: 表-9と同じ。Same with those in Table 9.

4) カッコ内の数字は補助授粉なき時の値。

Numerical figures in parentheses show the values of crossings without supplementary pollination.

とV-58の交雑稔性の差というよりはむしろ、V-84花粉の稔性の低さに起因することは疑いを容れない。しかも、自然受粉家系の発芽率が実験-Iと同程度(25%)であるのに、その雑種率が半減(約25%)する事実によって、グイマツの中でも個体によって花粉稔性に著しい差のあることが示唆される。

V-300を雌性親とする家系の雑種率は、混合授粉の42.6%から3日目二重授粉の14.7%、6日目の6.2%へと減少しており、第1回の種内交配からある程度日数を経るにつれて、新たな授粉による種間交配の余地が急速に減っていることがわかる。

V-90, V-300両採種木の受粉・受精能力は、いずれも6日後の再授粉によって雑種を生じている事実からみて、花粉飛散開始後なお6日間は持続するものと考えられる。もちろん、3日後に比べれば著しくその能力を低下させている。



以上、同じくV-90とV-300を採種木としながら実験-IとIIの間にはかなり異なった結果が示された。しかし、大まかな傾向として言えるのは、混合授粉による次代家系の雑種率が二重授粉のそれよりも高く、後者においてカラマツ花粉の第2回授粉が遅れるほど雑種率が低下するということである。

すなわち、グイマツを雌性親(採種木)とする場合、花粉親たるカラマツと開花期が接近するほど、次代家系中の雑種率が高くなる。そして両種とくにグイマツの花粉の稔性如何によって更にそれが増幅されて現われてくる。

#### II-2-2 カラマツ人工授粉次代家系の雑種率

〔実験-III〕(1968年)

実験-IIIでは、実験-I, IIとは逆にカラマツを採種木、グイマツを花粉親とした場合の人工授粉実験が試みられた。

表-12に授粉組合せ種目と日程及び得られた結果を示す。本実験では、種目に補助授粉なしと無授粉を加え、また二重授粉に正逆組合せを設けたほか日数差の変化を多くした。二重授粉のうちL→G<sub>K</sub>は自然条件下で生ずることの極めて稀なものである。

無授粉雌球果からは発芽力のある種子が全く得られず、隔離交配袋の信頼性が確められた。

第1回の授粉日は、採種木L<sub>5</sub>の花粉飛散始期4月24日に合せた。

種子発芽率は、苗畑のものと温室のものがほぼ平行的な値を示したので、表-12では苗畑の値で代表させた。

上述のように、本実験では適期に1回のみ授粉という種目を新たに設けたが、得られた結果は種子発芽率、雑種率ともに、2回繰返し(補助)授粉の場合とほとんど変らなかった。この結果は、適期にただ1回授粉が行われていればその後授粉を重ねても発芽率にあまり変化がないという横山ら<sup>29)</sup>の報告と一致する。

対照区として1回授粉種内及び種間組合せ家系をとり、その発芽率を比較すると、37.8%と7.1%で種内組合せの方が5倍も高い値を示した。また混合授粉の場合は、種内組合せに比べてほぼ1/4の低い値を示した。

種内・種間交雑家系の発芽率の違いを反映して、すなわち、恐らくV-307とV-90両花粉親の花粉稔性の違いを反映して、混合授粉家系の雑種率は僅か5%内外の低い値である。

次に、翌日、3日目、5日目そして7日目にそれぞれ2回目が行われた二重授粉の各次代家系の発芽率を比較すると、G<sub>K</sub>(V-90)→L(V-307)の場合は21.5%からしだいにその値が減少しているのに、逆のL→G<sub>K</sub>の場合にはあまり変化がなく、むしろ翌日より3日目以降の方が多いくらいである。

一方同じ家系の雑種率を比べると、G<sub>K</sub>→Lの場合は6.9%から100%まで急速にその値が増加しているのに、逆のL→G<sub>K</sub>の場合には2.7%を最大としていずれも無視できるほどその値が小

さい。

上述のうち、対照区についての結果をまとめると、(1)種内交配L×L家系の発芽率は30%代(雑種率0%)、(2)種間交配L×G<sub>K</sub>家系の発芽率は低く6~7%(雑種率100%)、(3)混合授粉家系の発芽率は20%代、その雑種率は5%内外であった。つまり、このくらいのところが本実験の際の供試木の生殖能力であった、ということが出来る。

これらのことを更に二重授粉の結果と比較すると、(i)G<sub>K</sub>→L(翌日)とL→G<sub>K</sub>(翌日)家系の発芽率と雑種率は混合授粉のものに、(ii)G<sub>K</sub>→L(7日目)家系のそれらは種間交配のものに、(iii)L→G<sub>K</sub>(3, 5, 7日目)家系のそれらはほぼ種内交配のものに、それぞれ相近似するといえる。また、G<sub>K</sub>→L(3, 5日目)家系の値は、カラマツ花粉がこの頃(3~5日後)まである程度の活力を保持できることを示している。

これらの事実は、カラマツとグイマツの花粉及びその人工授粉に関して、次の三つの傾向の認められることを意味するものである。

(a) 1回の授粉によって交配袋内の雌球花の胚珠すべてが一時に授粉されるのではなく、袋内浮遊花粉には2日後ぐらいまでなお初日と同じ程度、受粉吸引(カラマツ類の花粉は珠孔縁のstigmatic outgrowthに出入を繰り返す水滴によって胚珠内に取込まれることが知られている<sup>1)</sup>)される可能性が残されている。換言すれば、同時に注入されるとカラマツとグイマツの花粉はほぼ同等の受粉機会をもつばかりでなく、一・兩日遅れて注入されたものもなお相当の受粉機会を保有するといえる。この点は実験Ⅱのグイマツを雌性親にした結果とも必ずしも矛盾しない。

(b) しかし、3日目以降になると、吸引及びその後の受精の可能性が急速大幅に減退しはじめ、Lでは7日目までに、G<sub>K</sub>ではそれ以前に全く失われてしまう。その原因の大半は雌性器官の閉鎖(受粉適期終了)と花粉の活力の低下とに帰せられるであろう。二重授粉家系における発芽率の結果がG<sub>K</sub>→LとL→G<sub>K</sub>の間で異なる事実は、本実験に供された両種の間で花粉の稔性もしくは被吸引性に多少の差があることを示唆する。

(c) 本実験に供されたV-90のそのようにグイマツ花粉材料の中には、カラマツ(L<sub>5</sub>)との親和性が極めて低いか、何かの原因によってある年の稔性(発芽能力)が著しく低くなるものがある。ただし、その花粉の存在すること自体が適期の初期にカラマツ花粉の受粉の機会をある程度減殺する役割を果していると考えられる。

## Ⅱ-2-3 グイマツ及びカラマツ人工授粉次代家系の雑種率

### 〔実験Ⅳ〕(1969)

実験Ⅰ, Ⅱ, Ⅲから得られた結果によってグイマツ及びカラマツ供試木の交雑次代家系における雑種率を左右する要因として、供試交配木相互の交雑稔性、採種木の雌球花の受粉適期の幅と時期、及び年による花粉稔性の変動、などが指摘された。

表—13 グイマツ及びカラマツ人工授粉〔実験—IV〕における授粉日組合せ

Table 13 Dates of the first and the supplementary or delayed pollination in the Experiment IV

採種木 Seed tree	授粉日 Date of pollination		
G <sub>3</sub> , G <sub>4</sub>	Apr. 28	May 1	May 4
L <sub>3</sub>	May 2	May 5	May 8
	G		
	L		
	G	G*	
	L	L*	
	(L+G)	(L+G)**	
	G	→L	
	G		→L
	L	→G	
	L		→G

注. 1) 花粉飛散開始日

N.B. Date of the beginning of pollen dispersal

♀—G<sub>3</sub>: Apr. 28, 1969

♀—G<sub>4</sub>: Apr. 28, 1969

♀—L<sub>3</sub>: May 2, 1969

♂—G<sub>1</sub>: Apr. 28, 1969

♂—G<sub>2</sub>: Apr. 28, 1969

♂—L<sub>1</sub>: May 1, 1969

♂—L<sub>2</sub>: May 1, 1969

2)\*, \*\*, →: 表—9に同じ。Same with those in Table 9.

実験—IVは、グイマツとカラマツの相互交配によって更にこの点を検討するために行われた。この実験の授粉組合せ種目の内容を表—13に示した。花粉親としてはグイマツはG<sub>1</sub>, G<sub>2</sub>, カラマツはL<sub>1</sub>, L<sub>2</sub>の各2本が、また採種木としてはグイマツはG<sub>3</sub>, G<sub>4</sub>の2本が、カラマツはL<sub>3</sub>が、それぞれ用いられた。

第1回の授粉日は、それぞれの採種木の花粉飛散始期に合せグイマツは4月28日に、カラマツは5月2日とした。

表—14と図—3 (G<sub>4</sub>の分は省略)に、対照区となる各種内・種間組合せ家系の種子発芽率を示した。実験—IVの場合の種子発芽率は、組合せ家系当り400粒の温室内播種から求めた値である。

表—14によって同一花粉の単一回授粉家系と単一繰返し(3日目)授粉家系の種子発芽率を比較すると、ほとんどの家系で多少とも後者の発芽率が高く、特にG<sub>3</sub>×G<sub>1</sub>とG<sub>4</sub>×G<sub>1</sub>の両家系はおよそ倍の値を示し、L<sub>3</sub>×L<sub>2</sub>は1/3ほど多い。逆に後者の方が少ないのは3家系であるが、いずれもその差は小さい。こうした傾向は実験—IIIで認めたものとは若干異なるものである。

両回を通じた発芽率の傾向によって家系を仕分けると、次の通りとなる。

30又は40%代: L<sub>3</sub>×L<sub>2</sub>, L<sub>3</sub>×L<sub>1</sub>

20%代: G<sub>3</sub>×L<sub>2</sub>

10%代: G<sub>3</sub>×G<sub>2</sub>\*, G<sub>3</sub>×L<sub>1</sub>\*, G<sub>4</sub>×G<sub>2</sub>, G<sub>4</sub>×L<sub>2</sub>

(\*: どちらかは20%以上となる)

10%以下: G<sub>3</sub>×G<sub>1</sub>\*\* , G<sub>4</sub>×G<sub>1</sub>, G<sub>4</sub>×L<sub>1</sub>\*\* , L<sub>3</sub>×G<sub>1</sub>, L<sub>3</sub>×G<sub>2</sub>

(\*\* : どちらかは10%以上を示す)

表-14 グイマツ及びカラマツ人工授粉〔実験-IV〕における種内・種間組合せ家系の種子発芽率

Table 14 Germination ratio of the families of intra- and inter-specific crossings in the Experiment IV (%)

受粉 Pollination	採種木 Seed tree	花粉親 Pollen tree			
		G <sub>3</sub>	G <sub>2</sub>	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>
単一 Single	G <sub>3</sub>	6.3	21.8	17.8	23.0
	G <sub>4</sub>	4.4	12.5	11.5	15.5
	L <sub>3</sub>	1.3	7.0	36.3	36.5
平均 Mean		4.0	13.8	21.9	25.0
二回 Repeated	G <sub>3</sub>	13.5	18.8	21.0	24.3
	G <sub>4</sub>	8.3	15.0	9.0	15.3
	L <sub>3</sub>	1.3	8.3	40.0	49.3
平均 Mean		7.7	14.0	23.3	29.6

表-15 〔実験-IV〕における混合及び二重授粉各家系の種子発芽率と雑種率

Table 15 Ratios of germination and hybrid seedlings of the families of mixed- and double-pollinated crossings in the Experiment IV

採種木 Seed tree	花粉親 Pollen tree	種子発芽率(%) Germination ratio					雑種率(%) Ratio of hybrid seedlings						
		G+L		G→L		L→G		G+L		G→L		L→G	
		混合 Mixed	3日目 May 1	6日目 May 4	3日目 May 5	6日目 May 8	混合 Mixed	3日目 May 1	6日目 May 4	3日目 May 5	6日目 May 8		
G <sub>3</sub>	G <sub>1</sub> · L <sub>1</sub>	10.8	20.5	17.3	27.8	12.5	65.1	45.5	4.4	85.8	84.0		
	G <sub>2</sub> · L <sub>1</sub>	20.0	20.3	21.5	14.3	27.5	60.3	50.0	25.6	87.0	96.3		
	G <sub>1</sub> · L <sub>2</sub>	18.5	17.0	14.5	29.0	26.8	78.9	7.6	5.4	85.6	96.2		
	G <sub>2</sub> · L <sub>2</sub>	26.3	25.8	20.5	37.3	33.0	47.9	30.3	19.2	87.9	93.0		
	平均 Mean	18.9	20.9	18.5	27.1	25.0	63.1	33.4	13.7	86.6	92.4		
G <sub>4</sub>	G <sub>1</sub> · L <sub>1</sub>	7.8	11.0	7.0	9.3	11.0	57.7	33.3	3.8	75.0	80.8		
	G <sub>2</sub> · L <sub>1</sub>	11.5	17.0	9.0	12.3	13.5	33.3	27.3	3.8	68.9	94.2		
	G <sub>1</sub> · L <sub>2</sub>	13.5	11.5	7.8	13.5	12.3	50.0	34.9	10.7	86.0	95.7		
	G <sub>2</sub> · L <sub>2</sub>	14.3	17.3	17.5	19.8	17.5	39.6	45.3	3.0	91.7	98.5		
	平均 Mean	11.8	14.2	10.3	13.7	13.6	45.2	35.2	5.4	80.4	92.3		
L <sub>3</sub>	G <sub>1</sub> · L <sub>1</sub>	34.8	25.5	8.8	33.8	19.3	2.3	7.3	12.5	0.8	0		
	G <sub>2</sub> · L <sub>1</sub>	43.3	27.0	11.3	31.8	34.0	3.2	1.1	0	4.3	0.8		
	G <sub>1</sub> · L <sub>2</sub>	39.0	13.8	9.3	42.0	13.0	1.4	10.3	42.4	0	4.8		
	G <sub>2</sub> · L <sub>2</sub>	40.3	36.8	11.8	37.8	21.0	3.3	3.1	27.0	3.0	7.0		
	平均 Mean	39.4	25.8	10.3	36.4	21.8	2.6	5.5	20.5	2.0	3.2		

注. 家系当りの1年生苗調査本数: 平均(最小-最大)

N.B. No. of one-year-old seedlings examined per family: Average (Min.-Max.)

G<sub>3</sub>: 83 (43-149)G<sub>4</sub>: 45 (26-72)L<sub>3</sub>: 94 (32-155)

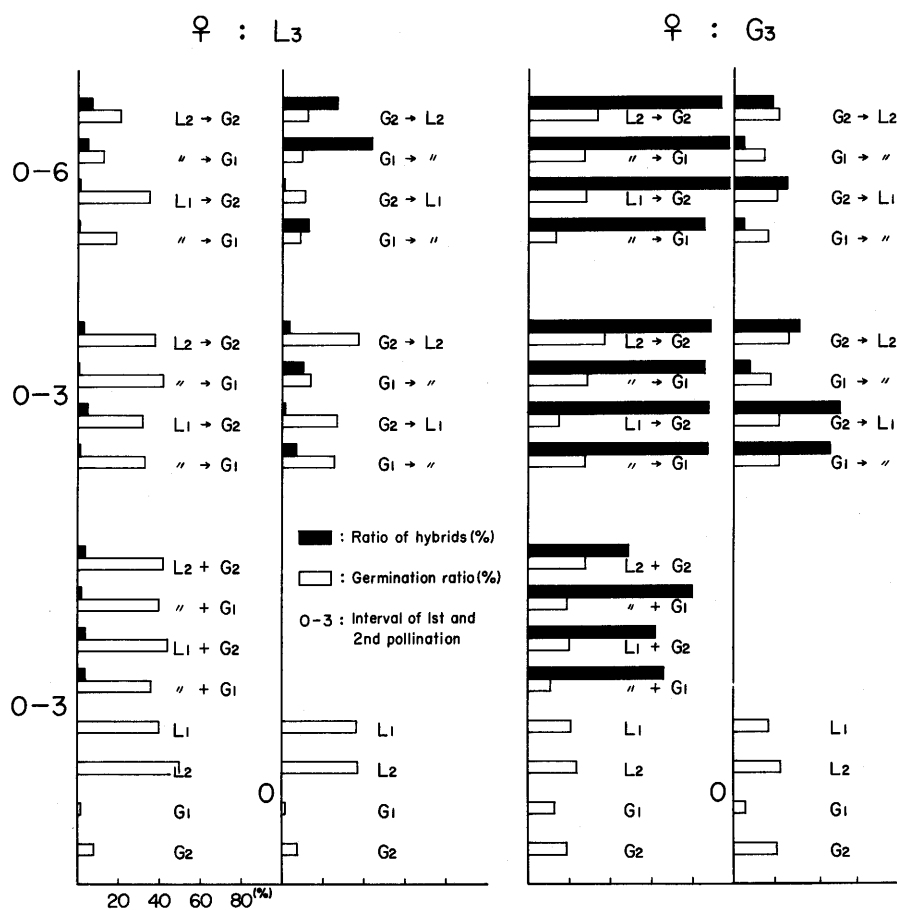


図-3 グイマツ及びカラマツ人工授粉〔実験-IV〕における種子発芽率と雑種率

Fig. 3 Ratio of germination and hybrid seedlings in the Experiment IV

注. 表-14, 15を参照。

N.B. See also Tables 14 and 15.

グイマツの各2本の間では、いずれの組合せでも採種木  $G_4$  は  $G_3$  より、また花粉親  $G_1$  は  $G_2$  より発芽率の低い家系をもたらす。カラマツの花粉親2本の間でも、常に  $L_2$  の方が  $L_1$  より発芽率の高い家系を産している。

同じ個体を採種木と花粉親に用いての正逆交配ではないが、 $L \times G$  家系が逆組合せの  $G \times L$  より低い発芽率（良くても  $\frac{1}{5}$  程度）を示すことは、実験-IIIの結果とほぼ一致している。

次に、混合授粉及び二重授粉の各家系の種子発芽率と雑種率を表-15に、またその一部を図-3に示した。

グイマツを採種木とした場合の種子発芽率を  $G + L$ ,  $G \rightarrow L$  (3日目),  $G \rightarrow L$  (6日目) という同一種目ごとの平均で比較すると、 $G_3$  は18.5~20.9%,  $G_4$  は10.3~14.2%の範囲にあり、

両採種木ともほぼ同様であるといえる。一方、雑種率についても同じように平均を求めてみると、 $G_3$ は63.1%から13.7%まで、 $G_4$ は45.2%から5.4%までの値を示し、混合授粉から日を経るにつれて減少することは既往の研究結果から予想された通りである。

逆に $L \rightarrow G$ の場合の種子発芽率の平均を比べると、 $G_3$ は27.1%と25.0%、 $G_4$ は13.7%と13.6%を示し、二重の授粉日間にはあまり差がないが、上記の混合授粉の場合に比べれば多少とも大きめの値を示す組合せが多い。また雑種率は $G_3$ では3日目がいずれも80%代（平均86.6%）を、そして6日目の多くが90%代（平均92.4%）を示し、 $G_4$ では3日目が70%前後から90%前後まで（平均80.4%）を、6日目の大半が90%代（平均92.3%）を示しており、予想された通り6日目の値が若干高めである。また混合授粉に比べればいずれも遙かに高い値を示している。

以上の結果から、採種木 $G_3$ と $G_4$ の間で混合授粉及び二重授粉による次代家系間の発芽率及び雑種率を比べると、いずれの場合でも $G_3$ の方が $G_4$ よりやや高い値を示している。また、 $G_1$ と $G_2$ を花粉親とする組合せ間の比較では、 $G_3$ に対しては大半の $G_2$ 組合せ家系が発芽率、雑種率ともに $G_1$ 組合せ家系より高い値を示す。 $G_1 \rightarrow L_2$ （又は $L_1$ ）授粉の家系にみられるようにとくに低い雑種率を示すものは、カラマツ花粉の受粉を妨げる何らかの要因が働き、結果的にそれが発芽率をも引下げることになったものと思われる。しかし、 $G_4$ に対しては、発芽率では概ね $G_2$ 組合せ家系の方が高めの値を示しているが、雑種率の比較では一定の傾向は見出し難い。ただ、混合授粉の雑種率においては、採種木 $G_3$ 、 $G_4$ ともに $G_2$ との組合せが低い値を示す。

花粉親として $L_1$ と $L_2$ が雑種率に寄与する度合には一定の傾向が見出されない。

次にカラマツ採種木 $L_3$ に対する混合授粉、 $G \rightarrow L$ （3日目）及び $G \rightarrow L$ （6日目）の各種目平均の種子発芽率をみると、39.4%から10.3%までその値が段階的に小さくなっている。グイマツ花粉に比べて授粉の遅れが少ないほどカラマツ花粉の受粉機会が多くなり、稔性も高くなることを意味している。同じ理由によって雑種率の平均は逆に後のものほど大きくなっている。

二重授粉 $L \rightarrow G$ の場合の発芽率をみると、36.4%と21.8%を示し、 $L \rightarrow G$ （3日目）の値は混合授粉とあまり変わらないが、 $L \rightarrow G$ （6日目）の値は $L_1 \rightarrow G_2$ を除いて著しく他より小さい。この交配組合せの第1回 $L$ 授粉の際、カラマツ花粉の受精阻害ないし稔性低下をもたらす何らかの原因があったものと思われる。

$L \rightarrow G$ （3日目）と同（6日目）家系の雑種率は平均2.0%と3.2%で、混合授粉のそれと同じく極めて低い値である点は、実験—IIIの場合と似ている。

カラマツを採種木とする場合においても、花粉親に $G_2$ の入った組合せの方が $G_1$ のものより種子発芽率が高い。雑種率においても $L \rightarrow G$ 授粉の場合に同じ関係が成立つが、 $G \rightarrow L$ 授粉の場合には逆に $G_1$ の方が高率を示し、グイマツ採種木の場合とは若干異なる傾向が認められた。

これら実験—IVの結果を実験—I、II、IIIのそれと比較すると、グイマツ採種木に対して $G_2$

花粉を授粉した場合の結果は実験—I, IIによって示されたものとよく相応する。しかし,  $G_1$ を花粉親に用いると, 種内交配家系の種子発芽率がカラマツとの種間交配家系のそれより低いばかりでなく, 混合授粉家系の雑種率も50~78.9%の範囲に留まり, また $G \rightarrow L$ 二重授粉家系においても第1回から3日目, 6日目に至る雑種率の減少が著しく, 実験—I, IIのV-90とはかなり異なる傾向を示すようである。

一方, カラマツを採種木とする交配の結果は, 実験—IIIのそれとよく一致する。

いずれにしても, 自然に近い受(授)粉条件下においてはグイマツを採種木とすると, 多かれ少なかれある割合でカラマツとの種間雑種苗が得られるが, 逆の場合, すなわちカラマツを採種木とする場合にはグイマツとの雑種苗は極めて得にくいという共通の傾向が指摘される。

なお, 前(実験—IIIの項)にも指摘したことであるが, グイマツ, カラマツ両種ともその受粉の最適期間は採種木各個体の花粉飛散始期から3日間ほどであり, それ以降急速に受粉能力が低下して6日目には半分以下となり, 終期に近付いていることが認められる。

### II-3 考 察

前節までに示したように, グイマツとカラマツを混植した雑種採種林から採種木別に自然受粉種子を採取して養苗すると, グイマツ採種木の家系は約50(年によって21.3~74.7)%, カラマツのそれは約30(18.5~36.0)%の雑種率を示す。また, この採種林で人工授粉を行うと, グイマツ採種木からは雑種苗が得やすいが, カラマツ採種木からは大へん得にくい。

このような顕著な違いを生ずる主要な原因は何か, それを見出す手掛りはまず種内及び種間交配家系の示す種子発芽率の違いの中に求められるであろう。実験—IVの結果(表—14)を例にとると, グイマツを採種木とする場合,  $G \times G$ 家系と $G \times L$ 家系の種子発芽率は両者ほぼ同じか後者が若干勝っている。一方, カラマツを採種木とすると,  $L \times L$ 家系の種子発芽率が $L \times G$ のそれに著しく勝っている。

いま一つの手掛りは二重授粉家系の雑種率の違いにも求められる。すなわち, グイマツ採種木に対する $G \rightarrow L$ (3日目)と $L \rightarrow G$ (3日目)を比べると, 前者は先にグイマツ花粉を受粉しているにもかかわらず後からのカラマツ花粉によって平均して35%程度の雑種苗を生じている。一方, 後者は後からのグイマツ花粉によって15~20%程度の種内交配苗しか作れない。

前(実験—IIIの項)にも述べたように, 両種の各花粉粒は同一交配袋内では全く均等な受(授)粉機会を有するものと考えられる。それにも拘わらずこのような違いを生ずるということは, 両種の花粉の稔性に大きな差があることを意味している。

以下, こうした雑種率の変動をもたらす原因あるいはそれに関連する要因についてもう少し詳しく検討する。

#### II-3-1 花粉飛散期と雌球花の受粉可能期間

1958, '59両年に〔4507〕のグイマツ36本と周辺のカラマツ79本について開花調査を行った結果によると、1958年の花粉飛散始期の個体間変異の幅は、グイマツでは5月2日～7日、カラマツでは5月6日～9日であった。また、1959年のそれはグイマツでは4月21日～24日、カラマツでは4月24日～27日であった。そして林分全体としてみると、始期から終期までの飛散期全期の長さは両樹種いずれも7～9日間で、そのうち4～5日間は互いに重なっていた<sup>23,24)</sup>。

この調査は、肉眼によるものであったが、カラマツ空中花粉量のトラップを用いた調査によると、全花粉放出量の約80%が約1週間で捕捉され、林分内で少しでも花粉の飛散している期間は20～30日間の長きにわたっていた<sup>25)</sup>。

また、1958年から1966年までの調査によると、グイマツとカラマツとの花粉飛散始期のずれの日数は、気温の高い年は0～2日、低い年は1～3日であった。すなわち、気温の高い年に比べて低い年の方が両種の花粉飛散始期が若干離れる傾向が認められる<sup>13)</sup>。

次に雌球花の隔離条件下での受粉可能期間については、筆者ら<sup>17)</sup>の以前行ったカラマツの人工交配試験によって、それが2～3週間持続し、その間でも一定(20%)以上の種子発芽率が得られる期間は8～10日間に、更にその中の最適期は1週間以内に狭まることが知られており、BARNER & CHRISTIANSEN<sup>11)</sup>や横山ら<sup>29)</sup>の報告も類似の傾向を指摘している。もちろん年による気温の変動や個体差によってある程度の増減はあろうが、これらは最適受粉期間3日程度という今回の実験結果に比べれば多少大きめの値である。

自然条件下での雌球花の受粉可能期間も空中花粉密度の変動と高い相関を示すことが知られており<sup>17)</sup>、雄花の花粉放出と雌球花の開花とは時間的によく対応するものと思われる。もちろん、カラマツ類にみられる雌性先熟性<sup>1,5)</sup>による若干のずれはあるが、ある個体の受粉可能期間は同じ個体の花粉飛散始期から数えて1週間程度であるとみなすことができよう。個体差のために林分全体としてみれば、この期間は更に長くなるであろう。

グイマツの受粉可能期間に関しては、畠山<sup>9)</sup>の行った人工交配実験によると、花粉飛散最盛期とその5日後に授粉して得た家系の種子発芽率は7本の採種木の平均が27.8%と20.9%であり、後者の方が若干低い値を示している。この報告と、実験—I、II及びIVの二重授粉の結果から判断すると、カラマツのそれとあまり変りがなく、1週間ほどの受粉適期を持つものと考えられる。

以上述べたところを総合すると、道央の自然条件下においてグイマツとカラマツとは相互に受粉交配の十分な機会を有する。更にその上で、グイマツを雌性親とする場合、カラマツの花粉飛散時期が早まるほど、得られる雑種苗の比率も高くなることを、混合及び二重授粉実験の結果が示している。逆にカラマツを雌性親とする場合はグイマツの花粉が先に受粉されるのであるが、グイマツ雌性親の場合より雑種率の値が概して小さい。

#### II-3-2 交雑親和性あるいは花粉稔性



表-16 グイマツ・カラマツ二面交配家系における種子発芽率

Table 16 Germination ratio of seeds of the diallel-crossed families of two Saghalien larch and two Japanese larch trees

♀ \ ♂	L V-507	L V-307	Gs V-551	Gs V-552	Open
L V-507	0.1 / 4.4	49.1 / 13.3	27.1 / 12.4	6.7 / 6.7	35.9 / 5.0
L V-307	45.1 / 12.7	6.6 / 12.9	34.1 / 8.7	19.0 / 2.1	43.3 / 5.0
G V-551	34.6 / 3.8	40.1 / 5.5	3.6 / 2.0	35.8 / 3.8	20.1 / 3.8
G V-552	29.0 / 4.2	30.5 / 6.4	38.7 / 7.0	4.4 / 2.1	7.8 / 1.9

注. 苗畑発芽率 (%) / 播種量 (g)

N.B. Germination ratio (%) / amounts of seeds sown in the nursery bed (g)

グイマツとカラマツ供試木のいずれを雌性親とするかによって次代家系の種子発芽率及び雑種率に大きな差の現われることについては既に述べた。今回の実験では、二面交配組合せを設けていないので、このような差が交雑親和性によるものなのか、あるいは花粉の稔性の違いによるものなのか、断定はできない。

そこで1968年に行ったグイマツとカラマツの二面交配実験の際に得られた各家系の種子発芽率を表-16に示した。この表のL×G各家系が実験-III, IVのL×G家系よりかなり高い種子発芽率を示している点は注意を要するが、それでもなお、L×Gの組合せはいずれの家系においてもその逆の組合せの家系に比べて発芽率が低い。従って、組合せられた供試木間の遺伝的親和性によるというよりは、Gの花粉かLの雌性器官に何らかの弱点か阻害要因があったと考える方が自然であろう。ただ、1970年のカラマツ採種木から得られた苗の雑種率の例（表-4）が示すように、カラマツの雌性器官にグイマツ花粉からの受精を妨げる恒常的な阻害要因があるとは考えにくい。

前に、自然受粉家系の種子発芽率を比較するとグイマツの方がカラマツに比べて僅かに低い、という傾向について述べた。両種の種内交配家系の種子発芽率を比べた実験-IVの結果をみても、やはりグイマツの方がはるかに劣っている。ところが、表-3に示すように、中には例年に比べて自然受粉家系が著しく高い発芽率を示す年もある(1970)。しかも同じ交配母樹を用いたグイマツ種内交配家系、すなわちV-90×V-84の種子発芽率が1964年（表-10）と1966年（表-11）の間で25.2 : 14.2 (%)という開きを示し、とくに発芽率の低い1966年には、カラマツとの混合授粉によって全く種内交配苗を作ることができなかった。

これらの事実は、ある年のグイマツ個体の花粉に何らかの重大な欠陥があって、それがグイマツ家系の種子発芽率がカラマツ家系より劣る原因の大部分をなしていると考えさせる。

梶<sup>8-10)</sup>は空中に飛散する花粉を捕捉して検鏡し、カラマツは通常95%程度の健全粒率を示すのに対し、グイマツのそれはふつう50%以下でしかも異形の花粉粒が多いことを観察した。

ERIKSSON ら<sup>2)</sup>によれば、カラマツ属の一部の種では、花粉母細胞の第 I 分裂中期に当る時期(2月下旬頃)に著しい低温に曝されると正常な花粉の形成が阻害されるという。BARNER & CHRISTIANSEN<sup>1)</sup>も、早春(3月頃)温暖な日と寒冷な日の期間が頻繁に交代するような地域では、しばしばヨーロッパカラマツの花粉形成に異常が認められるとしている。

東京大学北海道演習林における永年の観察によっても、2月中旬から3月上旬にかけて最低気温 $-20^{\circ}\text{C}$ 以下の日を記録した年に、概してグイマツ花粉の受精能力が低いという傾向が認められている<sup>20)</sup>。従って、道央各地に植栽されているグイマツも厳寒期の気温低下の著しい年には花粉の正常な発育を阻害され、それが原因となって交配次代の種子発芽率低下並びに雑種率変動を惹起するものと推定される。一方、本州中部亜高山帯に自生し、北海道にとっては外来種であるカラマツにはこのような花粉の発育阻害は余り発生しないようである。また、千島系( $G_k$ )と樺太系( $G_s$ )の間でも阻害程度に差があるように考えられる(表-11)。

更に、人工交配に用いられる花粉に関して、グイマツの方がカラマツに比べて遙かに花粉の寿命が短く、それには切枝採取から花粉収集貯蔵に至る過程での活力の低下も大きく関与している<sup>20)</sup>ことを考慮に入れておくべきであろう。

特に実験-IVにおいて、グイマツを花粉親とした混合及び二重授粉家系の雑種率の差は、 $G_1$ と $G_2$ との間の花粉稔性の違いによって増幅された例とみなすことができる。 $L \times G_k$ 家系の種子発芽率が逆組合せ家系に比べて低いという現象も同じ理由によるものであろう。

以上、グイマツとカラマツを交配した場合の雑種率を左右する要因について検討し、両種の花粉の量的ならびに質的な変動特に花粉稔性の変化が主たるものであり、雌球花の花粉受容性の時間的変異は副次的なものであることを明らかにした。

### II-3-3 雑種採種園(林)への応用

前節までに、グイマツとカラマツの種間交雑を行うに当って自然あるいは人工管理条件下で観察される諸々の変動の様子について検討した。その結果、通常の年ならば受粉交配を全うさせるための両種の開花期の整合性にはほとんど問題がないこと、そして雑種率変動を左右するのはほとんどの場合グイマツ花粉の稔性如何であることが示された。しかも、グイマツの花粉稔性の低下が主として厳寒期2月中旬ないし3月上旬の厳しい低温によって惹起されるということもほぼ明白である。もちろん、グイマツの雌球花は前年初冬までにほとんど分化を完了し胚嚢形成は4月に行われるので<sup>21)</sup>、このような低温の影響を受けることはなく、正常に開花受粉することができる。つまり厳しい低温の冬を経た春にはグイマツ採種木に一時的な雄性不稔性を期待できる。

カラマツとグイマツには、いずれを雌性親とするかによって、自然受粉家系の中から雑種苗を判別する作業に難易の別がある。一般にカラマツ苗と $L \times G$   $F_1$ 苗の判別は大変に難しいが、グイマツ苗と $G \times L$   $F_1$ 苗の判別はそれに比べれば遙かに易しい<sup>24)</sup>。従って、実地の採種はグイ

マツ採種木を対象とすることが多いのであるが、それでもグイマツの花粉不稔がはっきりしている年には、通常の苗畑作業、すなわち大苗床替によってほぼ完全に雑種苗のみが得られることになる。幸い、雑種 F<sub>1</sub> 世代の正逆家系間には多くの形質においてほとんど差のないことが知られている<sup>4,21,24</sup>。

雄性不稔の系統や、雌花ばかりで全く雄花を着けない個体を一代雑種の採種に利用する方法が農作物では利用されている<sup>28</sup>。林木育種の分野においても雑種採種園などでなるべく高い頻度で F<sub>1</sub> 雑種種子を生産する手法の一つとして考えられたことがある<sup>27</sup>。

しかし、花粉の稔性を論ずる前に、カラマツ類とくにグイマツには、若齢の採種木になかなか花がつかず、ついてもその周期が極端に長いという欠点がある。そこで、特殊な早期着花性を示す個体をクローン化して利用する方法が研究されている<sup>18,19</sup>。

カラマツでは、若齢時から雌球花のみをつけ、壮齢に至って漸く若干の雄花をつける特殊な個体のあることが知られている——その代表的な例が百瀬氏によって選抜された ASFL-1 である——。そこで、これらに類似した着花習性をもつグイマツ個体を選抜し、これを雑種種子の生産促進に利用しようとする試みが筆者らによって1968年頃から続けられてきた<sup>14,19</sup>。これらの選抜個体はいずれも若齢で着花結実を始め、しかも毎年それを持続する。概して枝の前年伸長（1年生）部分に多数の雌球花を着け、雄花形成が少ない。従って、これらをクローン化して採種木に使用すると、高率の雑種苗が得られる<sup>18</sup>。

ただ、林木にこれを応用するに当っては、次代家系の生長如何が実地造林上の重要な問題となる。現在、このような特殊な着花性の遺伝性及びその利用可能性などに関する基礎的な研究も進行中である<sup>15</sup>。

上述のようなグイマツの花粉不稔や雑種苗選苗の容易性を考慮して、一般にはグイマツのみを採種木とする雑種採種園（林）の設計がなされているが、その中でも以下に示すように、用いられるクローンの数や配植方法によって性格の異なるものがある。

1) 複数クローン式：多くの雑種採種園はこの方法のものである。グイマツ及びカラマツともに複数の選抜木の接木クローンを混植する。混植の方法としては；(i)両樹種を交互に列状に植え、各列内のクローンの配植はランダム；(ii)カラマツによってグイマツ採種木（ラメート）を包囲する配植；(iii)グイマツのクローンごとに所定の列又は区画をカラマツで包囲する配植、のいずれかが採られる。(ii)と(iii)は、グイマツの自殖による種子稔性が低い性質を利用して雑種率を高めることを狙った方法である。北海道内に造成されている採種園には(i)、(ii)又はこれらの変形が多い。

2) 単一クローン式：雌性親に単一のクローンを用いる方式で、西ヨーロッパ諸国においてヨーロッパカラマツとカラマツの雑種採種園にしばしば採用されているが<sup>16</sup>、北海道内のグイマツとカラマツには例が少ない。ただ上記1)(iii)の混植方法はこれに準じたものである。

これらの各方法は、目的や条件によってそれぞれの特徴をもつであろうが、配植されるグイマツの産地（とくに千島系と樺太系）やクローンの特性をよく把握して設計に当るべきであろう<sup>5)</sup>。

## 摘 要

グイマツとカラマツとの間で天然雑種が生成される割合に種々の変動がみられることについて、その原因あるいは関連する要因を究明するためのいくつかの実験と調査を行い、以下の諸点を明らかにした。

1) 両種を混植した雑種採種林のそれぞれの採種木から自然受粉種子を採取して播種育苗し得られた苗を調べたところ、グイマツの家系には約50%（年による変動範囲21.3～74.7%）、カラマツの家系には約30（18.5～36.0%）の雑種苗を含んでいた。

2) 両種の花粉を等量混合して授粉するものと別々に時期をずらして2回授粉するもの（二重授粉）との2種類の人工授粉を行ったところ、グイマツを雌性親にした交配の方がカラマツの場合より雑種率が高く、その傾向は自然受粉の場合とほぼ一致していた。ただ、カラマツ採種木に混合授粉した家系の雑種率は、自然受粉の場合より概して低かった。

3) 両種の開花時期はグイマツの方がカラマツより若干早い、それぞれの期間の相当部分は重なってくる。花粉飛散の始期は気温の高い年にほぼ同時であり低い年に3、4日ほどずれるが、両種とも受粉可能期間がそれぞれ約1週間ほどあり、受粉し種間交配をする十分な機会がある。

4) グイマツとカラマツの相互交雑を行うと、一般にカラマツ×グイマツ家系の方が逆のグイマツ×カラマツ家系より種子発芽率が低い。また、カラマツ×グイマツ家系の種子発芽率はそれぞれの種内交配家系の値より遙かに低いが、グイマツ×カラマツ家系の場合はしばしばグイマツ種内交配家系より高い種子発芽率が得られる。同じ組合せの正逆関係で種子稔性にこのような差異を生ずる主要な原因として、両種の花粉における稔性の差が推定された。また、全般にグイマツは種内交配家系の種子発芽率がカラマツのそれより低い。

5) グイマツの花粉には年や個体によって異状花粉粒の含まれる割合の極めて高いことが認められており、従ってこのような花粉材料の用いられたときは種子発芽率も低くなると思われる。

6) グイマツを採種木とする場合の方がカラマツ採種木の場合より自然受粉家系の雑種率が高いという1)に述べた事実も、3)～5)に挙げた三つの事柄に、カラマツの花粉飛散量がグイマツより多いという傾向が関連して引起す現象であると考えられる。

7) 上記の諸事実、花粉の稔性と雑種率の関係、及び雑種苗の判別の難易や雑種個体の特質

などを併せ考えると、グイマツとカラマツの雑種採種園（林）を設ける場合には、グイマツを採種木としカラマツを花粉親とする設計・配置にするのが最も有利である。今日、実際に設けられている雑種採種園には、この趣旨に添った形のものが多い。

## 引用文献

- 1) BARNER, H. & H. CHRISTIANSEN: The formation of pollen, the pollination mechanism, and the determination of the most favourable time for controlled pollinations in *Larix*. *Silv. Genet.* 9: 1~11, 1960
- 2) ERIKSSON, G., I. EKBERG & A. JONSSON: Further studies on meiosis and pollen formation in *Larix*. *Studia For. Suec.* 87: 1~65, 1970
- 3) 濱谷稔夫・倉橋昭夫: 2, 3の機械的処理によるカラマツの着花結実促進. *日林誌*52: 244~253, 1970
- 4) HAMAYA T., & A. KURAHASHI: Breeding of larch by species hybridization in Japan. *Proc. XVII IUFRO World Congr. (Div. 2)* 157~168, 1981
- 5) ————・—————・C. SASAKI & Y. TAKAHASHI: Phenological investigation on external morphological development and growth of Japanese larch strobili and cones—Fundamental studies for crossing of larches, I—, *Bull. Tokyo Univ. For.* 66: 223~237, 1974
- 6) 島山末吉: カラマツ属種間雑種苗の生産システム——親種の必須条件と雑種苗の判別——. *林木育種*128: 11~12, 1983
- 7) ————・江州克弘・宮本雅美・石倉信介: 昭和56年度業務報告, 各種雑種カラマツの適応試験. *光珠内季報*53: 32~33, 1982
- 8) 梶 勝次: カラマツ類の結実過程と結実予測. 昭和45年北海道林業研究発表講集, 147~151, 1971
- 9) ————: カラマツの胚珠の発育と種子不稔性. *北林試報*12: 1~12, 1974
- 10) ————・久保田泰則: グイマツ, ニホンカラマツ混植採種園における雑種生産例. 昭和46年北海道林業研究論文集, 344~347, 1972
- 11) 久保田泰則・川口 優・近久明男: グイマツおよび雑種の形態について. 道林務部15回研究発表講, 259~299, 1967
- 12) 倉橋昭夫: カラマツ属種間雑種苗の生産システム——グイマツ×カラマツ F<sub>1</sub>雑種苗の生産——. *林木の育種*128: 9~11, 1983
- 13) ————・佐々木忠兵衛・濱谷稔夫: 開花期と積算温度. *北海道の林木育種*9-2: 20~27, 1966
- 14) ————・—————・—————: カラマツ類早期着花性選抜木とその諸検定. *北海道の林木育種*17-2: 13~18, 1974
- 15) ————・—————・小笠原繁男・濱谷稔夫: グイマツ早期着花性個体の交雑次代の諸検定. *北海道の林木育種*27-2: 24~29, 1984
- 16) LARSEN, C. SYRACH: *Genetics in silviculture*. Transl. by M. L. ANDERSON, 224 pp., Oliver & Boyd, Edinb. & London, 1957
- 17) 佐々木忠兵衛・倉橋昭夫・濱谷稔夫: カラマツ受粉適期の判別. *北海道の林木育種*19-2: 12~16, 1976
- 18) ————・—————・—————: 早期着花性グイマツの高芽接ぎによる F<sub>1</sub>雑種の生産. *日林北支講*30: 178~180, 1981
- 19) ————・—————・小笠原繁男・中坪三平・濱谷稔夫: グイマツ特殊選抜個体の着花習性. *日林北支講*21:

- 71~77, 1972
- 20) ———・高橋康夫・倉橋昭夫・濱谷稔夫：グイマツ，カラマツ冷蔵花粉の受精能力の推移．日林北支講29：99~101, 1980
- 21) 高橋延清・濱谷稔夫：日本におけるカラマツ交雑育種．北海道の林木育種15—2：7~10, 1973
- 22) ———・功力六郎：カラマツ類の品種改良に関する研究（第二報）——カラマツ類の季節調査資料（予報）——．日林北支講10：9~12, 1961
- 23) ———・柴田 前：同上（第三報）——グイマツからとった種子の天然雑種  $F_1$  苗（グイマツ×ニホンカラマツ）の出現度合——．日林北支講10：13~15, 1961
- 24) ———・柳沢聰雄・久保田泰則：雑種カラマツの生産と利用．北海道林木育種叢書第8集，180pp., 札幌, 1968
- 25) 高橋康夫・倉橋昭夫・濱谷稔夫：カラマツの花粉飛散（予報）．日林北支講20：129~133, 1971
- 26) ———・———・———：カラマツ採種園内の花粉の飛散範囲．日林北支講26：140~143, 1977
- 27) 戸田良吉：林木育種の技術解説，選抜編．54pp., 林木育種協会，東京，1960
- 28) 山口彦之：作物改良に挑む．230pp., 岩波新書212, 東京，1982
- 29) 横山敏孝・金子富吉・伊藤昌司・山崎 忍・浅川澄彦：カラマツの受粉適期と受粉回数．林試研報253：39~53, 1973

(昭和60年5月31日受理)

### Summary

It is well known that the hybrid ratio, which here means a frequency of hybrid seedlings within any progeny family, of a progeny produced by open-pollination of Kurile larch (sometimes replaced by Saghalien larch) and Japanese larch greatly varies with years, sites and/or trees. A series of surveys and experiments through artificial pollination carried out in search of main causes and related factors, which affect or determine this phenomenon, have made clear the following facts:

- 1) With regard to the seed lots which were collected from individual seed trees of both species planted together in a hybrid seed stand, Kurile larch gave hybrid ratio of about 50% in average (varying from 21.3% to 74.7% with years), while those of Japanese larch gave about 30% (from 18.5% to 36.0%).
- 2) Several experiments of artificial pollination were carried out in three different ways, i.e., single inter- or intraspecific pollination with or without repetition, pollination with the mixture pollen in equal weight of both species, and double pollination with some scheduled time lags between both species. Generally speaking, in these experiments, the progenies of the Kurile larch seed trees gave higher hybrid ratios than those of Japanese larch seed trees, as observed in the families of open pollination. But the progenies of Japanese larch seed trees pollinated with the mixture represented generally lower hybrid ratios than those of open pollination.
- 3) The dispersal of pollen begin nearly simultaneously in both species in springs of comparatively high air temperatures. But Japanese larch starts it three or four days later

than Kurile larch in springs of lower temperatures. The receptiveness of female strobili is maintained for about a week in both species. In other words, the periods of anthesis of both species are overlapped each other for the most part. Thus there can be recognized sufficient opportunity for these two species to pollinate and cross each other.

4) When mutual interspecific crossings are performed between Kurile or Saghalien larch (G) trees and Japanese larch (L) trees,  $L \times G$  families give seed germination of lower ratios than the reverse  $G \times L$  families do. The seed germination ratios of the former are also considerably lower than those of the families produced by intraspecific crossings of respective species. But, on the contrary,  $G \times L$  families often give higher germination ratios than the families of intraspecific crossings of Kurile larch trees do. It is supposed that such remarkable differences between the reciprocal hybrid families may be caused by different fertility or viability of pollen of both species. Generally speaking, the seed germination ratios also are lower in intraspecific cross families of Kurile larch than in those of Japanese larch.

5) Some trees of Kurile larch give rise to pollen grains of abnormal appearance in extraordinarily high percentages in some years. Thus, the seed germination ratios of the families obtained must be lowered, when such pollen materials are used for crossings.

6) The phenomenon mentioned in 1) is probably highly related with the above-mentioned 3)~5), and with the observation that Japanese larch trees disperse much larger amounts of pollen into air than Kurile larch trees do.

7) If synthesizing the above-mentioned facts, especially influence of pollen fertility on hybrid ratio, easiness of discriminating hybrid seedlings, silvicultural characteristics of hybrids, and others, most desirable and advantageous type of hybrid seed orchards or stands between Kurile larch and Japanese larch must be such designed to arrange Kurile larch trees or clones as seed trees and Japanese larch trees as pollen trees. In fact, majority of the hybrid seed orchards established in Hokkaido today are classified in this type.